推进用户无功电能计量管理和基波无功电能表开发与应用

张春晖 [1]　张震 [2]

（1. 国 网 山 东 省 电 力 公 司 ， 山东 济南 250100; 2. 华能济南黄台发电有限公司，山东 济南 250100）

摘　要：文章主要介绍了中国无功电能计量技术的发展情况，其中涉及到了一些关于无功电能表的技术问题。正弦无功功率中的非基波成分越来越多，但无功功率标准应该是指基波无功功率。文章还介绍了国内无功电能计量技术的一些现实问题，如电力电子设备的应用引起的非基波无功功率成分的增加，以及无功电能表计量检定和电力电子设备入网管制等问题。

关键词: 无功电能计量　基波无功电能表

中图分类号：TM933.4

Promote the management of reactive power measurement for users and the development and application of fundamental wave reactive power meters

ZHANG Chunhui[1]　ZHANG Zhen[2]

(1.State Grid Shandong Elect Power Co Ltd,Jinan , Shandong 250100 , China;2.Huaneng Jinan Huangtai Power Generation Co. , Ltd. , Jinan , shandong 250100 , China)

Abstract: The article mainly introduces the development of China's reactive power measurement technology, which involves some technical issues about reactive power meters. There are more and more non-fundamental wave components in the sine reactive power, but the reactive power standard should refer to the fundamental wave reactive power. The article also introduces some practical problems of domestic reactive power measurement technology, such as the increase of non-fundamental wave reactive power components caused by the application of power electronic devices, as well as the calibration of reactive power meters and the regulation of power electronic devices entering the grid.

Key words:Reactive energy metering　Fundamental reactive energy meter

0　引言

近日，在中国现代电网量测技术论坛:开展国内无功电能计量技术发展的讨论，首次提出国产新型基波无功电能表为何未能发展起来？

1、2021 年 10 月 3 日，行业专家在论坛发表对国内无功电能计量技术发展的看法:

• 我的看法；正弦无功功率，在电力电子设备越来越多的环境下，正弦无功功率中的非基波正弦无功功率成分越来越多，但是，我理解无功功率标准应该是指基波无功功率，GB/T 17215.323-2008 和 GB/T 17215.324-2017；但是，大部分单相表计量的无功都是“全波”无功。

• 搞谐波治理设备的学者，喜欢研究“谐波无功”，因为他们要用来做谐波治理，例如：西安交通大学的王兆安；但搞配电网、用电网的运行安全，应该考虑基波无功。例如，LED 显示屏（小区商户广告牌），其上的开关电源普遍没有功率因数校正（PFC）功能（成本高一些）；家用 LED 灯也没有 PFC，但出口到欧洲的 LED 灯都有。

2、本文作者认为:行业专家发表对国内无功电能计量技术发展的看法，提出需要研究的现实无功计量问题:

• 由电力电子设备的应用，引起非基波无功功率成份越来越多。

• 无功电能表计量检定？

GB/T17215.324--2017 国标是指基波无功功率;但是，大部分单相表计量的无功都是全波无功。

• 对电力电子设备入网管制？

国内的 LED 广告屏、家用 LED 都没有功率因数校正（PFC）功能;而出口欧洲的 LED 灯都有。

3、本文作者介绍:用户无功电能计量管理与无功电能表法制检定管理的情况

电网对无功电能计量管理分网内、用户两部分。其中，无功计量点的确定，分别由配电、营销部门提出;无功电能表的订货、检定、安装、运行和故障处理，由电网计量部门统一管理。

由于网内无功电能表主要用于电网技术经济指标的考核，这里，主要介绍用户无功电能计量管理与无功电能表法定检定管理的情况。

2021 年，国网营业区拥有 5.2 亿用户。其中，单相用户约占用户总量的 91%（4.73 亿户），三相用户占 9%（4700 万户）。

1）电网，主要重视用电容量较大用户的无功电能消耗计量

根据原水利电力部、国家物价局《功率因数调整电费办法》的规定:一般用电容量较大（约 50kVA 及以上）的用户，实行功率因数调整电费办法，装设无功电能表。具体来说:

— 在三相电能表中，高压三相多功能电能表（约 470 万只）、用电容量较大（50kVA 及以上）的低压三相多功能电能表（约 1200 万只）合计 1670 万只（占三相表总量的 35.5%），具有无功电能计量功能。

— 单相用户、用电容量较小（50kVA 以下）的低压三相用户（约 3030 万户），只装设有功电能表，其无功电能消耗不计量。其中 ，对用电容量特别大的单相用户，可装设具有无功电能计量功能的单相多功能表。

这里需要指出:电网对单相用户、用电容量较小的三相用户，不装设无功电能表的规定，有不足之处:低压电网的无功潮流、无功平衡、分布式无功补偿无法进行;低压电网线损增大，分段线损难以明析。

2）目前，三相用户按正弦波计算功率因数

— 在正弦波负荷情况下，用户的功率因数算法:有功电能/√￣（有功电能^2 +无功电能^2），即视在电能采用有功、无功电能的”方、和、根”算法。

— 在非正弦波负荷情况下，用户的功率因数计算用的视在电能，需采用 VA 算法。但是，目前电网营销部门仍采用正弦波的”方、和、根“算法。

3）国内，无功电能计量溯源用的国家无功电能基准正在建标考核

— 中国计量院

• 据中国计量院 陆祖良博士介绍:工频无功功率标准是中国计量院于 2006 年建成的工频谐波功率标准装置设计的一项标准计量功能。经国际比对，该工频无功功率标准的扩展引用不确定度达到 20×10（-- 6），并由国际计量局认可后，刊登在其网站上。

• 由陆祖良《工频谐波功率标准研究》报告记载:该工频谐波功率标准装置（含工频无功功率标准）与国家单相电能基准［其扩展不确定度为±15×10（--6）］相比较:
在基波 90º（感性）时，两者亿差值为 6.7（μW/VA），即 6.7×10（--6）。
在基波 90º（容性）时，两者差值为 9.8（μW/VA），即 9.8×10（--6）。
— 中国电科院
• 2010 年，中国电科院第二次完成正弦无功功率计量标准装置的研制。该装置通过电流比较仪原理的电容电桥结构，解决工频下获得纯正、稳定的正交电流问题，通过直流电压、电阻、电容等电学基本参数溯源，实现准确测量正弦工频无功功率的技术突破。
• 同年，中国电科院与中国计量院的工频无功功率计量标准进行量值比对:中国电科院的工频无功计量标准装置的扩展不确定度达到 30×10（--6）（K=2）。
• 中国电科院的工频无功计量标准是否已经建标、考核、发证:（待查询）。
4）无功电能表法制检定规程分为两级
— 无功电能表国家计量检定规程，未发布。估计，该国家计量检定规程的发布与实施，要等到工频无功国家基准建标、考核之后。
— 现有可参考计量检定规范: JJG（浙）109--2010《电子式无功电能表检定规程》，省级地方标准。
• 该规程参照 JJF1245.5 --2010《安装式电能表型式评价大纲特殊要求 静止式无功电能表（2 级和 3 级）》制定。
• 与以上型式评价大纲同类的国标:
GB/T17215.323--2008 静止式无功电能表（2 级和 3 级）特殊要求国标;
GB/T17215.324--2017 静止式基准频率无功电能表（0.5S 级、1S 级和 1 级）特殊要求国标。
• 经比较可以看出:JJG（浙）109--2010《电子式无功电能表检定规程》是早期的检定规程，只适用于按 GB/T 17215.323 --2008 国标生产的静止式无功电能表，不适用于按 GB/T 17215.324--2017 国标生产的基波无功电能表。
— 由此可见，现在，大部分单相表计量的无功都是全波无功，未看到有基波无功电能表产品。这是因为新型基波无功电能表只有国标，其检定规程还未跟上，电网计量部门没有提出市场需求。
5）对电力电子设备入网检测、许可的讨论
在近代工业生产、社会生活中，随着电子元件和设备应用的快速增长，电的和电磁的骚扰（包括传导、辐射电磁骚扰和静电放电）引起电气与电子设备的误动作、损坏等越来越多。为此:
— 国际上，欧美国家早期就重視电力电子设备入网检测、许可程序研究，制定了一系列测试与抑制电磁骚扰影响的国际标准。主要有:
• IEC61000《电磁兼容 试验和测量技术》系列标准。
• IEEE1459--2010《IEEE 标准:在正弦、非正弦、平衡或不平衡条件下，电功率测量的定义》等。
— 国内，电磁兼容标准，由 GB/T17626 系列国标等同采用 IEC61000 系列标准; 1993 年，GB/T14549--93《公用电网谐波》国标发布与实施; 但是，IEEE1459--2010 标准，至今未转化为国标。
— 国内，电力电子设备入网检测、许可工作？
• 对高压谐波源用户的并网设计审查，一般都列有抑制谐波要求的措施。
• 对低压用户的电力电子设备入网检测、许可要求（包括功率因数校正器应用），目前，尚未见到电网有关部门发布的管理规定。这是由于长期以来，国网的低压电网管理是项短板，对配电、营销（用户用电管理）部门对低压电网管理的职责不明。
• 对电表领域来说，电力电子设备产生的电磁骚扰，主要引起静止式电能表误差改变，用电信息采集系统本地 PLC 通信质量下降等。为此，电网计量部门需关注电力电子设备入网情况，开展

有关电磁骚扰测试与抑制措施的研究，包括全波无功，基波、非基波无功电能计量技术;高频和瞬态电磁骚扰对本地 PLC 通信质量的影响等。

结语

推进国产基波无功电能表开发、应用的建议

在无功电能的国家基准建标、考核完成和国家计量检定规程发布之前，建议国网、省级计量行政部门采用下列措施推进国产基波无功电能表的开发与应用:

— 国网:无功电能计量最高工作标准建标、考核:由中国电科院办理。

— 全波无功与基波无功电能表检定规程:由省级计量行政部门制定。

— 基波无功电能计量功能列入国网新一代智能电表企业标准:由国网计量管理部门办理。

— 具有基波无功计量功能的新一代智能电表列入国网年度智能电表招标计划并组织实施:由国网计量管理部门和物资管理部门按分工办理。

参考文献

[1] JJF1245.5 --2010《安装式电能表型式评价大纲特殊要求静止式无功电能表（2 级和 3 级）》

作者简介： 张春晖 男， (1938-)， 从事电能计量技术研究。

通讯作者： 张震 男， (1977-)， 从事电能计量技术研究 721047546@qq.com